

植筋技术在混凝土结构加固中的锚固性能研究

罗嘉俊

文基工程（深圳）有限公司，广东 深圳 518100

DOI:10.61369/UAID.2025010014

摘要： 随着现代建筑行业的发展，混凝土结构的加固改造变得越来越重要。植筋技术作为一种有效的加固手段，在提高混凝土结构承载力、延长使用寿命方面发挥着重要作用。本文通过实验研究和理论分析，探讨了植筋技术在混凝土结构加固中的锚固性能，包括植筋的抗拉拔力、粘结强度以及影响因素等。研究结果表明，植筋技术能够显著提高混凝土结构的锚固性能，但其性能受到多种因素的影响，如混凝土基材的强度、植筋的直径和深度、以及施工工艺等。本文的研究为植筋技术在混凝土结构加固中的应用提供了理论依据和技术指导。

关键词： 植筋技术；混凝土结构；加固；锚固性能

Research on the Anchoring Performance of Rebar Planting Technology in the Reinforcement of Concrete Structures

Luo Jiajun

Wenji Engineering (Shenzhen) Co., LTD. Shenzhen, Guangdong 518100

Abstract： With the development of the modern construction industry, the reinforcement and transformation of concrete structures have become increasingly important. Rebar planting technology, as an effective reinforcement method, plays a significant role in enhancing the bearing capacity of concrete structures and prolonging their service life. This paper, through experimental research and theoretical analysis, explores the anchoring performance of rebar planting technology in the reinforcement of concrete structures, including the tensile force, bonding strength and influencing factors of rebar planting. The research results show that the rebar planting technology can significantly improve the anchoring performance of concrete structures, but its performance is affected by multiple factors, such as the strength of the concrete substrate, the diameter and depth of the rebar planting, and the construction process, etc. The research of this paper provides a theoretical basis and technical guidance for the application of rebar planting technology in the reinforcement of concrete structures.

Keywords： rebar planting technology; concrete structure; reinforcement; anchoring performance

引言

混凝土结构因其良好的耐久性和经济性，在现代建筑工程中得到了广泛应用。然而，由于设计、施工、使用以及环境因素的影响，许多混凝土结构在使用过程中会出现损伤或功能退化，需要进行加固处理。植筋技术作为一种新兴的加固技术，通过在混凝土结构中植入钢筋或螺栓，以提高结构的承载能力和稳定性。

一、植筋技术及其在混凝土结构加固中的应用

（一）植筋技术的原理与分类

植筋技术，也被称作后锚固技术，是一种在建筑领域中广泛运用的技术。其核心原理是在混凝土、砖砌体等基材中钻孔，随后注入高强度的粘结材料，接着将钢筋、螺杆等锚固件植入孔中，通过粘结材料的粘结力将锚固件与基材牢固地锚固在一起，从而形成一个可靠的连接。植筋材料一般采用高强度钢筋、螺纹钢、精轧螺纹钢等，其性能必须满足国家相关标准的要求，以

确保植筋技术的安全性和可靠性。粘结材料是植筋技术的关键，其性能直接决定了植筋的锚固效果。通常采用环氧树脂、乙烯基酯树脂等高分子材料，这些材料要求具备高强度、高粘结力、良好的耐久性和抗老化性，以保证植筋技术的长期稳定性和可靠性。根据不同的分类标准，植筋技术可以被划分为多种类型^[1]。按照施工工艺，可以分为钻孔注入式、钻孔注射式和预埋式；按照植筋材料，可以分为钢筋植入式、螺杆植入式和锚板植入式；按照应用部位，可以分为梁植筋、板植筋、柱植筋和墙体植筋等，每种类型都有其特定的应用场景和优势。此外，植筋技术的

应用不仅限于新建建筑，它在旧建筑改造、加固以及结构补强等方面也发挥着重要作用。例如，在旧建筑的加固工程中，通过植筋技术可以有效地增强结构的承载力和稳定性，延长建筑物的使用寿命^[2]。在结构补强方面，植筋技术可以用于修复因地震、火灾等自然灾害或人为因素造成的结构损伤，恢复建筑物的原有功能。因此，植筋技术在现代建筑施工和维护中扮演着不可或缺的角色。

（二）植筋技术在混凝土结构加固中的应用现状

植筋技术在混凝土结构加固工程中得到了广泛的应用，它被广泛应用于各种构件的加固，包括但不限于梁、板、柱、墙体、节点等。在梁的加固中，植筋技术可以有效地增加梁的受弯承载力、受剪承载力以及抗裂性能；通过在混凝土中植入钢筋，可以显著提升梁的结构强度和稳定性。在板的加固中，植筋技术能够提升板的受弯承载力和刚度；通过这种方式，板的承载能力和耐久性得到了显著的增强。在柱的加固中，植筋技术有助于增强柱的受压承载力、受剪承载力以及延性；这使得柱子在承受重载时更加稳固，不易发生变形或破坏。在墙体的加固中，植筋技术可以提高墙体的抗剪承载力和稳定性；特别是在地震多发区域，这种加固方法能够显著提升墙体的抗震性能^[3]。而在节点的加固中，植筋技术则被用来增强节点的抗震性能，确保结构在地震等极端情况下的安全。随着技术进步和工程经验积累，植筋技术广泛应用于混凝土结构加固，显著提升了加固效果。例如，桥梁工程中用于加固墩台、盖梁等关键部位，显著提升了桥梁的使用寿命和安全性。建筑工程中，植筋技术加固梁、板、柱、墙体，增强了抗震能力和使用寿命。在水利工程中，植筋技术也用于加固水闸、坝体等设施。这些应用案例证明植筋技术是有效的混凝土结构加固方法，展现了其在工程实践中的巨大价值和潜力。

（三）影响植筋锚固性能的因素

植筋技术的锚固性能是一个多方面因素共同作用的结果，这些因素包括但不限于混凝土的强度、植筋的深度、直径、间距、粘结材料的性能以及环境条件等。首先，混凝土的强度是一个至关重要的因素，它直接关系到植筋锚固性能的优劣。混凝土强度越高，其对锚固件的握裹力就越强，从而使得植筋的锚固性能更加出色。其次，植筋的深度和直径也是影响其锚固性能的关键因素。一般来说，植筋深度越深、直径越大，其锚固力也就越强。然而，值得注意的是，如果植筋深度过深或直径过大，可能会对基材造成不必要的损伤，因此在实际操作中需要谨慎选择合适的尺寸。此外，植筋间距的设置也会影响其锚固性能。如果植筋之间的间距设置得过小，可能会引起群锚效应，从而降低整体的锚固力。粘结材料的性能是影响植筋锚固性能的核心因素之一。粘结材料的强度、粘结力以及耐久性等关键指标，直接决定了植筋的锚固效果^[4]。最后，环境条件也是影响植筋锚固性能的一个不可忽视的因素。例如，温度、湿度以及化学腐蚀等环境因素，都可能对粘结材料的性能产生影响，进而影响植筋的锚固性能。由于各因素对植筋锚固性能的影响机制和规律相对复杂，因此需要通过大量的试验研究和理论分析，进行深入的探讨和研究，以便更好地理解和掌握植筋技术在实际工程中的应用，确保工程的安

全性和可靠性^[5]。

二、植筋锚固性能的实验研究

（一）实验方案设计

本实验研究的主要目标是深入探讨和分析不同因素对植筋锚固性能的影响规律，旨在为植筋技术的优化设计以及在工程实践中的应用提供科学的参考依据。实验内容涵盖了多个方面，主要包括对混凝土强度等级、植筋类型、植筋深度、直径、间距等关键参数对植筋锚固性能的影响进行系统的研究。实验方法采用的是室内拉拔试验，通过精确测量植筋的拉拔力、细致观察破坏模式、深入分析荷载-位移曲线等关键指标，来全面评价植筋的锚固性能。在实验参数的选择上，参考了相关的行业规范和工程实践，并结合了本实验的具体条件进行了综合考量。具体而言，混凝土强度等级选取了C30、C40和C50三个等级，目的是为了研究不同强度基材对植筋锚固性能的影响；植筋类型选择了目前工程中常用的几种类型，以比较不同类型植筋的锚固效果；植筋深度、直径、间距等参数则根据相关规范和经验进行选取，并设置了不同的梯度，以研究这些参数对植筋锚固性能的影响规律。实验试件的设计充分考虑了实验目的和加载方式，试件的尺寸、形状、数量等均按照相关规范和实验要求进行设计，以确保实验结果的准确性和可靠性，从而为后续的工程应用提供坚实的数据支持^[6]。

（二）实验方法与步骤

在本实验中，采取了一系列精心设计的操作步骤，以确保实验的准确性和可靠性。首先，根据事先设计好的混凝土配合比，制作了若干混凝土试件。这些试件在制作完成后，需要按照既定的养护程序进行养护，直至达到规定的龄期。接下来，将在这些已经养护好的混凝土试件上进行植筋施工。植筋施工是一个包含多个关键步骤的过程，这些步骤包括钻孔、清孔、注入粘结材料以及植入钢筋等。在施工的每一个环节，都严格控制质量，以确保植筋的锚固效果达到最佳。施工完成后，对植筋后的试件进行适当的养护，直到粘结材料达到足够的强度，然后进行拉拔试验。拉拔试验是通过万能试验机进行加载的，加载方式为连续加载，加载速度则严格遵循相关规范进行控制^[7]。同时，利用数据采集系统实时采集荷载和位移数据，以确保数据的准确性。在实验过程中，特别注意了几个关键点：混凝土试件的制作和养护必须严格按照规范进行，以确保混凝土的强度和均匀性；植筋施工时，必须严格控制钻孔的孔径、孔深、垂直度等参数，以确保植筋的质量；加载过程中，密切观察试件的破坏现象，并及时记录相关数据。这些关键技术的掌握和实施，将直接影响到实验结果的准确性和可靠性，进而影响到植筋技术在实际工程中的应用效果。

（三）实验结果与分析

在本实验中，共进行了多组试验，这些试验为提供了大量的实验数据。通过对这些实验数据进行仔细的整理和深入的分析，能够得到关于植筋的拉拔力、破坏模式、荷载-位移曲线等关键

指标。拉拔力是评价植筋锚固性能的一个非常重要的指标,通过对比不同参数下植筋的拉拔力,可以分析出各种因素对植筋锚固性能的影响规律。破坏模式则能够反映出植筋的锚固机理,通过观察和分析不同参数下植筋的破坏模式,可以深入理解植筋的锚固机理。荷载-位移曲线则能够反映出植筋在受力过程中的变形特征,通过分析荷载-位移曲线,可以了解植筋的受力性能。通过对比分析不同因素对植筋锚固性能的影响,能够发现一些规律和趋势,例如:混凝土强度等级越高,植筋的锚固力越大;植筋深度越深,锚固力越大,但存在一个最佳深度范围;植筋直径越大,锚固力越大,但过大的直径可能会对基材造成损伤;植筋间距过小会导致群锚效应,降低锚固力^[9]。实验结果与理论分析和数值模拟结果存在一定的异同,这可能与实验条件、材料性能、试件制作工艺等因素有关。通过对比分析实验结果与理论分析和数值模拟结果,可以更全面地了解植筋的锚固性能,为植筋技术的工程应用提供更可靠的依据。同时,还可以发现实验研究、理论分析和数值模拟中存在的不足,为进一步的研究工作指明方向。

三、植筋技术在混凝土结构加固中的设计方法与施工工艺

(一) 植筋加固设计原则与方法

在进行植筋加固设计时,必须严格遵循一系列基本原则,以确保加固工程的安全性和可靠性。首先,安全性是设计中必须首要考虑的因素,这意味着设计必须确保加固后的结构能够承受预定的荷载,并且具备一定的安全储备,以应对可能出现的意外情况。其次,适用性原则要求加固后的结构不仅能够满足原设计的使用功能,而且还要考虑到未来可能的使用需求和变化,确保结构的长期适用性。此外,经济性原则强调在保证安全性和适用性的前提下,应尽可能地降低加固成本,优化资源配置,以实现经济效益的最大化。目前,在工程实践中,常用的植筋加固设计方法主要包括极限状态设计法和容许应力设计法。极限状态设计法基于概率论和统计学,考虑荷载和材料性能的变异性,确保结构在预定期限内不失效,提供高安全保证。容许应力设计法则通过限制应力水平保证结构安全。植筋加固设计需综合考虑荷载类型、结构形式、材料性能等因素。不同荷载类型如静载、动载、

反复荷载对植筋锚固性能有不同要求,设计时需考虑^[9]。结构形式如梁、板、柱影响植筋布置和锚固长度,设计中需细致考量。材料性能包括混凝土、钢筋、粘结材料等,直接影响锚固效果,设计时需全面测试评估。因此,植筋加固设计需全面考虑相关因素,深入分析,确保方案合理可靠,达到预期加固效果。

(二) 植筋施工工艺与质量控制

植筋施工工艺是确保植筋加固工程质量的关键环节,必须严格按照规定的流程和标准进行操作。一般来说,植筋施工包括钻孔、清孔、注胶、植筋、养护等步骤。钻孔是植筋施工的第一步,需要根据设计要求,精确控制钻孔的直径和深度,避免对原结构造成过大的损伤。清孔是为了去除孔内的灰尘和碎屑,保证粘结材料与混凝土基材的良好粘结。注胶是向孔内注入粘结材料,需要控制好注胶量和注胶速度,确保粘结材料充满整个空洞。植筋是将钢筋植入孔内,需要保证钢筋的定位准确和固定牢固。养护是为了使粘结材料充分固化,达到设计强度,需要控制好养护的温度和湿度。在植筋施工过程中,质量控制至关重要。钻孔直径和深度的控制是保证植筋锚固力的关键,必须严格按照设计要求进行操作。粘结材料的搅拌和注胶是保证植筋与混凝土基材良好粘结的关键,需要控制好搅拌时间和注胶速度,避免产生气泡和空隙。植筋的定位和固定是保证植筋位置准确和牢固的关键,需要采用合适的固定方法和工具。为了保证植筋施工质量,需要建立完善的质量管理体系,加强施工过程中的质量检查和验收,及时发现和解决质量问题。同时,还需要对施工人员进行技术培训,提高其质量意识和操作技能。此外,还可以采用一些先进的技术和工具,如无损检测技术、自动注胶机等,来提高施工质量和效率^[10]。

四、结语

植筋技术作为一种有效的混凝土结构加固方法,在工程实践中得到了广泛应用。通过科学合理的设计、精细严格的施工和严格的质量控制,可以确保植筋加固工程的质量和安全性。未来的研究应进一步优化植筋技术的设计方法和施工工艺,同时探索新的材料和技术,以提高植筋技术在混凝土结构加固中的应用效果和经济效益。

参考文献

- [1] 邓研. 植筋技术在桥梁拼接施工中的应用研究 [J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2022(8):4.
- [2] 陈丽. 混凝土结构后锚固植筋技术概述 [J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2021(9):3.
- [3] 刘冉. 复杂安装条件下无机植筋胶锚固性能研究及应用 [D]. 湖南大学, 2022.
- [4] 张炜彬, 管焱宇, 刘佳敏, 等. 混凝土植筋锚固性能的研究进展 [J]. 广东建材, 2023, 39(1): 37-41.
- [5] 赵军, 唐兴荣, 刘启真. 混凝土结构多筋植筋的锚固性能试验研究 [J]. 苏州科技大学学报: 工程技术版, 2021, 34(4): 7.
- [6] 赵军, 唐兴荣, 刘启真, 等. 混凝土结构双筋植筋的锚固性能试验研究 [J]. 建筑科学, 2019(9): 6.
- [7] 李刚, 唐兴荣. 混凝土结构四筋植筋粘结锚固性能试验研究 [J]. 2022.
- [8] 赵军. 混凝土植筋结构粘结锚固性能的试验研究 [D]. 苏州科技学院; 苏州科技大学, 2019.
- [9] 王晓乐. 房屋建筑工程结构加固改造技术分析 [J]. 建材与装饰, 2020(14): 2.
- [10] 相超. 某混凝土结构厂房植筋粘结锚固性能试验研究 [J]. 四川建材, 2019, 45(2): 3.